

KR04/01509

REC'D 06 JUL 2004

WIPO

PCT

대한민국 특허청

KOREAN INTELLECTUAL
PROPERTY OFFICE

별첨 사본은 아래 출원의 원본과 동일함을 증명함.

This is to certify that the following application annexed hereto
is a true copy from the records of the Korean Intellectual
Property Office.

출원번호 : 10-2003-0084207
Application Number

출원년월일 : 2003년 11월 25일
Date of Application NOV 25, 2003

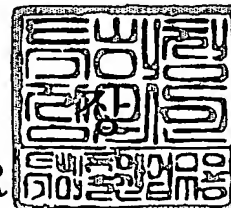
출원인 : 한국전자통신연구원
Applicant(s) Electronics and Telecommunications Research Institute



2004 년 06 월 22 일

특 허 청

COMMISSIONER



**PRIORITY
DOCUMENT**
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

BEST AVAILABLE COPY

【서지사항】

【서류명】	특허출원서
【권리구분】	특허
【수신처】	특허청장
【참조번호】	0001
【제출일자】	2003.11.25
【발명의 명칭】	티이엠 도파관을 이용한 복사체의 전자파 복사 패턴 및 이득 측정 방법
【발명의 영문명칭】	Method for measuring the electromagnetic radiation pattern and gain of a radiator using a TEM waveguide
【출원인】	
【명칭】	한국전자통신연구원
【출원인코드】	3-1998-007763-8
【대리인】	
【명칭】	특허법인 신성
【대리인코드】	9-2000-100004-8
【지정된변리사】	변리사 정지원, 변리사 원석희, 변리사 박해천
【포괄위임등록번호】	2000-051975-8
【발명자】	
【성명의 국문표기】	이애경
【성명의 영문표기】	LEE, Ae Kyoung
【주민등록번호】	660529-2009921
【우편번호】	305-345
【주소】	대전광역시 유성구 신성동 대림두레아파트 108-1103
【국적】	KR
【발명자】	
【성명의 국문표기】	최형도
【성명의 영문표기】	CHOI, Hyung Do
【주민등록번호】	630810-1053117
【우편번호】	130-034
【주소】	서울특별시 동대문구 답십리4동 16-42
【국적】	KR

【발명자】

【성명의 국문표기】 백정기
 【성명의 영문표기】 PACK, Jeong Ki
 【주민등록번호】 540330-1709519
 【우편번호】 305-764
 【주소】 대전광역시 유성구 궁동 220번지
 【국적】 KR

【공지에외적용대상증명서류의 내용】

【공개형태】 간행물 발표
 【공개일자】 2003.06.22
 【심사청구】 청구
 【취지】 특허법 제42조의 규정에 의한 출원, 특허법 제60조의 규정에 의한 출원심사를 청구합니다. 대리인 특허법인 신성 (인)

【수수료】

【기본출원료】 20 면 29,000 원
 【가산출원료】 27 면 27,000 원
 【우선권주장료】 0 건 0 원
 【심사청구료】 9 항 397,000 원
 【합계】 453,000 원
 【감면사유】 정부출연연구기관
 【감면후 수수료】 226,500 원

【기술이전】

【기술양도】 희망
 【실시권 허여】 희망
 【기술자도】 희망

【첨부서류】

1. 요약서·명세서(도면)_1통 2. 공지에외적용대상(신규성상실의예외, 출원시의특례)규정을 적용받기 위한 증명서류_1통

【요약서】

【요약】

1. 청구범위에 기재된 발명이 속하는 기술분야

본 발명은 티이엠 도파관을 이용한 복사체의 전자파 복사 패턴 및 이득 측정 방법에 관한 것임.

2. 발명이 해결하려고 하는 기술적 과제

본 발명은 티이엠 도파관(TEM waveguide: Transverse Electric and Magnetic waveguide) 내에 피시험기기인 복사체를 넣고 그 피시험기기의 방위를 18가지로 변경하면서 그 방위 변경에 따라 측정되는 TEM 도파관의 출력단 전력들을 이용하여 복사체를 전자기적으로 모델링함으로써, 간이/신속하면서도 낮은 측정오차로 복사체의 복사이득 및 복사전력을 측정할 수 있게 하는, TEM 도파관을 이용한 복사체의 전자파 복사 패턴 및 이득 측정 방법을 제공하는데 그 목적이 있음.

3. 발명의 해결 방법의 요지

본 발명은, 복사체의 전자파 복사 패턴 및 이득 측정 방법에 있어서, 티이엠 도파관(TEM waveguide) 내에 위치한 피시험기기인 복사체를 서로 다른 18가지 방위(Arrangements)로 배치하면서 상기 복사체의 전자파 복사에 의한 상기 TEM 도파관의 출력단 전력을 측정하는 제 1 단계; 및 상기 제 1 단계에서 측정된 TEM 도파관의 출력단 전력들을 이용하여 다이폴모멘트로 모델링된 상기 복사체의 자유공간에서의 복사전력밀도를 추정하는 제 2 단계를 포함함.

4. 발명의 중요한 용도

본 발명은 복사체의 복사 이득/패턴 측정 등에 이용됨.

【대표도】

도 7

【색인어】

이동통신단말기, 소형 무선기기, 복사체, TEM 도파관, 복사이득, ERP, TRP, 다이폴 모먼트.

【명세서】

【발명의 명칭】

티이엠 도파관을 이용한 복사체의 전자파 복사 패턴 및 이득 측정 방법{Method for measuring the electromagnetic radiation pattern and gain of a radiator using a TEM waveguide}

【도면의 간단한 설명】

도 1a 및 도 1b 는 종래의 야외시험장 내지는 무반사실에서 안테나에 의한 직접적인 전자기장 수신을 통한 복사 전력 측정 방법에 대한 설명도.

도 2 는 종래의 반(半)무반사실에서 복사전력 측정 방법에 대한 설명도.

도 3 은 종래의 완전무반사실에서 복사전력 측정 방법에 대한 설명도.

도 4 는 본 발명이 적용되는 TEM 도파관을 이용한 피시험기기에 대한 복사 패턴 및 이득 측정 시스템의 구성도.

도 5 는 본 발명에 적용되는 피시험기기의 전기/자기 다이폴로의 모델링에 대한 설명도.

도 6a 및 도 6b 는 본 발명에 적용되는 TEM 도파관과 피시험기기의 좌표계에 대한 설명도.

도 7 은 본 발명에 따른 티이엠 도파관을 이용한 복사체의 전자파 복사 패턴 및 이득 측정 방법에 대한 일실시에 흐름도.

도 8 은 TEM 도파관에서의 셀 높이(H)에 대한 설명도.

도 9 는 본 발명에 따른 피시험기기의 18가지 방위에 대한 TEM 도파관의 출력단 전력($P_1 \sim P_{18}$) 측정 방법에 대한 일실시에 흐름도.

도 10a 내지 도 10f 는 본 발명에 따른 피시험기기의 18방위에 대한 TEM 도파관의 출력단 전력($P_1 \sim P_{18}$) 측정 방법에 대한 일실시에 설명도.

* 도면의 주요 부분에 대한 부호 설명

40: TEM 도파관

41: 피시험기기(EUT)

42: 동축케이블

43: 전력 수신기

44: 복사 패턴 추정 및 이득 산출 장치

【발명의 상세한 설명】

【발명의 목적】

【발명이 속하는 기술분야 및 그 분야의 종래기술】

<15> 본 발명은 복사체의 전자파 복사 패턴 및 이득 측정 방법에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는 티이엠 도파관(TEM waveguide) 내에 피시험기기인 복사체를 넣고 그 피시험기기의 방위를 18가지로 변경하면서 그 방위 변경에 따라 측정되는 TEM 도파관의 출력단 전력들을 이용하여 복사체를 전자기적으로 모델링함으로써 복사체의 복사이득 및 복사전력을 측정할 수 있게 하는, 티이엠 도파관을 이용한 복사체의 전자파 복사 패턴 및 이득 측정 방법에 관한 것이다.

<16> 도 1a 및 도 1b 는 종래의 야외시험장 내지는 무반사실에서 안테나에 의한 직접적인 전자기장 수신을 통한 복사 전력 측정 방법에 대한 설명도이다.

- <17> 종래의 이동통신단말기의 최대 복사 전력 또는 실효복사전력(ERP) 측정은 보통 도 1a 및 도 1b 에 도시된 바와 같이, 야외시험장(OATS: Open Area Test Site) 또는 무반사실(anechoic chamber)과 같은 표준 시험장(standard test site)에서 실시되어 왔으며, 그 측정 방법은 다음과 같다.
- <18> 먼저, 피시험기기(101)를 표준 시험장의 회전 탁자(100) 위에 위치시킨 후(제 1 단계), 송신기 안테나(102)가 시험 안테나(103)와 마주 보도록 하고 시험 안테나(103)를 수 미터(m) 범위(ANSI Std.의 경우, 1 m ~ 6 m) 내에서 올렸다 내렸다 하면서 가장 높은 수신 신호를 기록한다(제 2 단계).
- <19> 그리고, 회전 탁자(Turntable)(100)를 일정 각도(ANSI Std. 45°) 간격으로 회전하면서 위 제 2 단계를 반복하여 7 개의 부가적인 값을 기록한다(제 3 단계).
- <20> 이후, 피시험 송신기(transmitter under test)(101)를 반파장 수직 편파 안테나(Half-wave Vertical Antenna)(112)로 교체한다(제 4 단계). 안테나의 중심이 피시험기기와 동일하도록 해야 하며, 또한 안테나를 기지(既知)의 출력 값을 갖는 RF 신호 발생기(RF Signal Generator)(111)에 연결한다. 그리고 경로손실을 기록하고, 그 기록한 데이터들로부터 실효복사전력(ERP)을 계산한다.
- <21> 위와 같은 종래의 측정 방법은 복사성 전자파장애(EMI: ElectroMagnetic Interference) 측정법에서 응용된 것으로서, 야외시험장(OATS: open area test site) 내지는 무반사실(anechoic chamber)에서 안테나에 의한 직접적인 전자기장 수신을 통하여, 이동통신단말기와 같은 소형 기기의 최대 복사 전력 또는 실효복사전력(ERP)를 측정/평가하였다.

- <22> 그러나, 야외시험장(OATS) 내지는 무반사실(anechoic chamber)과 같은 시설에서 수행하는 종래의 측정 방법은 측정에 소요되는 시간이 길고, 시설의 유지 보수 비용이 높으며, 또한 측정 환경이 갖는 불확실성 요인으로 인하여 측정 오차가 크다는 문제점이 있었다.
- <23> 또한, 실효복사전력(ERP)/총복사전력(TRP) 등의 평가는 기본적으로 자유공간에서 가상 구면 상에서 복사장을 평가하는 것이 바람직한데, 위와 같은 종래의 측정 방법은 원통형의 주사 방식을 택하고 있기 때문에 수신장이 평가절하될 가능성을 가지고 있다는 문제점이 있었다.
- <24> 도 2 는 종래의 반(半)무반사실에서의 복사전력 측정 방법에 대한 설명도이고, 도 3 은 종래의 완전무반사실에서의 복사전력 측정 방법에 대한 설명도이다.
- <25> 도 2 에 도시된 바와 같은, 종래의 반(半)무반사실(Semi-anechoic chamber)에서의 측정은, 도 1a 및 도 1b 에서 언급한 바와 같이 측정시간이 길고 시설 유지비용의 과다 등의 문제점을 그대로 보유하고 있으며, 나아가 접지면에 의한 반사가 존재하기 때문에 측정 오차가 크고, 또한 원통형의 주사 방식을 택하고 있기 때문에 수신장이 평가절하될 가능성을 가지고 있다는 문제점이 있었다.
- <26> 한편, 도 3 에 도시된 바와 같은, 종래의 자유공간과 등가인 완전무반사실 (anechoic chamber)에서의 측정은 측정 오차는 작으나, 여전히 측정시간이 길고 시설 유지 비용이 과다하다는 문제점이 있었다.

【발명이 이루고자 하는 기술적 과제】

- <27> 본 발명은, 상기와 같은 문제점을 해결하기 위하여 제안된 것으로, 티이엠 도파관(TEM waveguide) 내에 피시험기기인 복사체를 넣고 그 피시험기기의 방위를 18가지로 변경하면서 그 방위 변경에 따라 측정되는 TEM 도파관의 출력단 전력들을 이용하여 복사체를 전자기적으로

모델링함으로써, 간이/신속하면서도 낮은 측정오차로 복사체의 복사이득 및 복사전력을 측정할 수 있게 하는, 티이엠 도파관을 이용한 복사체의 전자파 복사 패턴 및 이득 측정 방법을 제공 하는데 그 목적이 있다.

【발명의 구성】

- <28> 상기의 목적을 달성하기 위한 본 발명은, 복사체의 전자파 복사 패턴 및 이득 측정 방법에 있어서, 티이엠 도파관(TEM waveguide) 내에 위치한 피시험기기인 복사체를 서로 다른 18가지 방위(Arrangements)로 배치하면서 상기 복사체의 전자파 복사에 의한 상기 TEM 도파관의 출력단 전력을 측정하는 제 1 단계; 및 상기 제 1 단계에서 측정된 TEM 도파관의 출력단 전력들을 이용하여 다이폴모멘트로 모델링된 상기 복사체의 자유공간에서의 복사전력밀도를 추정하는 제 2 단계를 포함한다.
- <29> 또한, 상기의 본 발명은, 상기 복사체에 입력되는 전도 전력(conducted power)과 상기 복사체의 안테나의 반사계수를 이용하여 복사체의 안테나로 전달된 순전력(P_0)을 측정한 후, 상기 복사체로부터 소정의 거리가 떨어진 점에서의 상기 측정된 순전력에 의한 반파장 다이폴 안테나의 최대 복사전력밀도(P_D)를 구하는 제 3 단계; 상기 제 2 단계에서 추정된 복사전력밀도 중에서 최대 복사전력밀도(P_{max})를 구하는 제 4 단계; 상기 제 4 단계에서 구한 최대 복사전력밀도(P_{max})와 상기 제 3 단계에서 구한 최대 복사전력밀도(P_D)를 이용하여 상기 복사체의 복사이득을 구하는 제 5 단계; 상기 제 4 단계에서 구한 최대 복사전력밀도(P_{max})를 이용하여 실효복사전력 (ERP)을 구하는 제 6 단계; 및 상기 제 2 단계에서 추정한 복사전력밀도를 이용하여 상기 복사체의 총복사전력(TRP)을 구하는 제 7 단계를 더 포함한다.

- <30> 상술한 목적, 특징들 및 장점은 첨부된 도면과 관련한 다음의 상세한 설명을 통하여 보다 분명해 질 것이다. 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명에 따른 바람직한 일실시예를 상세히 설명한다.
- <31> 도 4 는 본 발명이 적용되는 TEM 도파관(waveguide)을 이용한 피시험기기에 대한 복사 패턴 및 이득 측정 시스템의 구성도이다.
- <32> 앞에서 설명한 문제점으로 인하여, 복사성 전자파장애(EMI) 측정 분야에서 종래의 접지면상 측정을 TEM 도파관(Transverse Electric and Magnetic waveguide)에서의 측정으로 대체하려는 시도가 많았으며, 일부 알고리즘에 대해서는 현재 CISPR 등에서 국제 표준화가 진행 중에 있다.
- <33> 여기서, TEM 도파관(waveguide)은 TEM cell, GTEM cell(Gigahertz Transverse ElectroMagnetic cell) 등과 같이 TEM 모드를 전파할 수 있는 기기를 총칭하며, 한 개 포트(port) 이상의 출력단을 갖고 있다.
- <34> 본 발명은 한 개의 포트(port)의 출력만 이용하는 알고리즘이므로, 다양한 종류의 TEM 도파관(waveguide)을 대부분 활용할 수 있다.
- <35> TEM 도파관(waveguide)은 도 4 에 도시된 바와 같이, 동축선으로부터 구형의(rectangular) 확대된 단면을 갖는 동축 구조와 특성 임피던스를 유지하도록 연장된 구조를 갖는다. 따라서 TEM 도파관(waveguide)은 자연스럽게 TEM mode가 전파되도록 고안된 장치로서, 그 내부에 피시험기기를 넣고 출력단 전력을 측정하여 그 측정된 전력으로부터 피시험기기를 전자기적으로 동가 모델링한다.

- <36> 피시험기기는 복사장 측정의 대상이 되는 전기전자기기로서, 정확한 측정을 위해서는 TEM 도파관(waveguide) 내의 균일장 영역에 들어가는 정도의 크기가 적합하다.
- <37> TEM 도파관(waveguide) 내부의 피시험기기를 정확하게 모델링하기 위해서는 피시험기기의 배치를 다양하게 하여 각 배치에 대한 출력단 전력으로부터 보다 상세하게 피시험기기를 전자적으로 모델링하여야 한다.
- <38> 일반적으로 피시험기기는 전기 및 자기 다이폴 모먼트 각 한 쌍으로 가정하며, 알고리즘에 따라 모먼트 1쌍이 이루는 서로 직교하는 각 벡터 간의 상대 위상차를 고려하기도 하고 무시하기도 한다. 즉, 피시험기기를 모델링하는 방법(또는 알고리즘)에 따라 TEM 도파관(waveguide) 내의 피시험기기의 방위 배치의 수와 각도가 정해진다.
- <39> 이하, TEM 도파관을 이용한 피시험기기에 대한 복사 패턴 및 이득 측정 시스템을 상세하게 설명하면, 다음과 같다.
- <40> 도 4 에 도시된 바와 같이, 복사 패턴 및 이득 측정 시스템은 TEM 도파관(40), 피시험기기(EUT)(41), 동축케이블(42), 전력 수신기(43), 및 복사 패턴 추정 및 이득 산출 장치(44)로 구성된다.
- <41> TEM 도파관(40) 내부에는 전기적으로 매우 작아서 등가 다이폴로 모델링될 수 있는 임의의 복사체인 피시험기기(41)가 배치되며, TEM 도파관(40)의 출력단에는 동축케이블(42)이 연결되어 있다.
- <42> TEM 도파관은 일반적으로 외부와의 전자기적 차폐를 시키면서 외부에서 피시험기기를 모니터링할 수 있는 차폐창(Shielding window)을 갖는 외부도체 내에 셉텀(Septum)이라는 내부도체를 갖는 측정시설이다. 피시험기기(41)가 TEM 도파관(40) 내부에 배치한 뒤 피시험기기(41)를

정상동작하게 되면 피시험기기(41)로부터 방사되는 전력이 TEM 도파관의 출력단을 통해 전력수신기(43)로 전달된다.

- <43> 동축케이블(42)은 TEM 도파관의 출력단과 전력 수신기(43)에 연결되어 있으며, 전력 수신기(43)는 동작하는 피시험기기(41)로부터 방사된 전력을 동축케이블 (42)을 통하여 전력을 측정한다.
- <44> 전력 수신기(43)는 전력의 측정값을 복사 패턴 추정 및 이득 산출 장치(44)로 전달한다. 복사 패턴 추정 및 이득 산출 장치(44)에는 등가 다이폴로 모델링된 피시험기기에 대한 자유 공간 복사 패턴을 예측하고 복사 이득을 구하기 위한 방법이 프로그램되어 있어서, 측정된 전력을 이용하여 자유 공간에서의 복사 패턴을 예측한다.
- <45> 한편, TEM 도파관을 이용한 복사성 전자파장애(EMI: ElectroMagnetic Interference) 예측은, 도 2 에서 보는 바와 같이 모델링된 피시험기기를 계산적으로 접지면 상에 가정하고 복사장을 시뮬레이션하여 최대 복사치를 구한 후 EMI 값으로서 보고하는 것이다.
- <46> 전자파 장애(EMI) 예측이나 실효복사전력(ERP) 예측의 공통점은 규정된 시험장에서 최대 복사 전기장(electric field)을 탐색하는 것이다. 그러나, 전자파 장애(EMI) 측정은 탐지된 최대값을 측정 시설에 따른 수신 안테나 인자 및 케이블 손실을 고려하여 값을 보상하는 것으로 종료되지만, 실효복사전력(ERP) 측정은 기준이 되는 반파장 다이폴 안테나에 대한 상대적인 이득을 구하고 피시험기기 안테나로 전송되는 전력 값을 이득에 곱하는 과정까지 수행하여야 하는 점에서 차이가 난다.
- <47> 도 5 는 본 발명에 적용되는 피시험기기의 전기/자기 다이폴로의 모델링에 대한 설명도이다.

- <48> 본 발명은, TEM 도파관(waveguide) 내에 정상 동작하는 소형의 복사체(피시험기기 또는 EUT)(500)를 넣고, 피시험기기의 방위를 18가지로 변경하면서 TEM 도파관의 출력단 전력을 측정 한 후, 그 18 가지의 측정 전력을 가지고 도면에 도시된 바와 같이, 피시험기기를 전자기적으로 모델링함으로써 복사체의 복사이득 및 복사패턴을 측정한다.
- <49> 도면에 도시된 바와 같이, 피시험기기는 서로 직교하는 세 성분의 전기 다이폴과 역시 서로 직교하는 세 성분을 갖는 자기 다이폴로 모델링되며, 각 성분들은 고유의 위상을 가지는 것으로 가정한다. 또한, 정확한 피시험기기 모델링이 가능하도록 다이폴 모멘트의 x , y , z 성분 간의 상대적 위상차를 고려한다.
- <50> 전자파무반사실등의 시험시설 내에서 복사장 측정을 통해 최대 복사(Maximum radiation)를 탐지하는 절차는 모델링한 전기 및 자기 다이폴 모델로부터의 복사장을 모의함으로써 이루어 진다
- <51> 도 6a 및 도 6b 는 본 발명에 적용되는 TEM 도파관과 피시험기기의 좌표계에 대한 설명도로서, 도 6a 는 TEM 도파관의 좌표계, 도 6b 는 피시험기기의 좌표계를 나타낸다.
- <52> 도면에 도시된 바와 같이, TEM 도파관(waveguide)의 기준 좌표계를 (X , Y , Z)로 두고(도 6a), 피시험기기의 기준 좌표계를 (X' , Y' , Z')로 둔다(도 6b). 이와 같은 좌표축 설정은 가장 일반적이다.
- <53> TEM 도파관(waveguide)의 출력단 전력은 주어진 TEM 도파관(waveguide)의 좌표축(도 6a)과 관계되며, 피시험기기의 좌표축(도 6b)도 복사 전력 패턴의 좌표축과 관계된다.
- <54> 도 7 은 본 발명에 따른 TEM 도파관을 이용한 전자기장 복사 이득 및 전력 측정 방법에 대한 일실시에 흐름도이다.

<55> 본 발명은 수신 안테나를 사용하지 않고 TEM 도파관(waveguide)을 이용하여 복사이득, 실효복사전력(ERP), 및 총복사전력을 측정하는 방법에 관한 것이다.

<56> 먼저, 피시험기기 자체에 대한 측정으로서, 피시험기기에 입력되는 전도 전력 (conducted power)(P_M)과 피시험기기 안테나의 반사계수(M_2)를 측정한다(701).

<57> 이들 측정값으로부터 피시험기기 안테나가 받아들인 순 전력(power accepted by the antenna)(P_0)을 아래의 (수학식 1)을 이용하여 구한다(702).

<58>

$$P_0 = P_M \times (1 - M_2)$$

【수학식 1】

<59> 그리고, 측정거리(R)에서 동일한 P_0 에 대한 반파장 다이폴 안테나의 최대 복사전력밀도 (maximum radiated power density of half-wavelength dipole)(P_D)를 (수학식 2)에 의해 계산한다(703).

<60>

$$P_D = \frac{P_0 \cdot 1.64}{4\pi R^2}$$

【수학식 2】

<61> (수학식 2)에서 반파장 다이폴 안테나의 절대 이득 "1.64" 대신에 TEM 도파관 (waveguide) 내에서 실측정된 반파장 다이폴 안테나의 이득값을 사용하면, 더욱 바람직하다.

<62> 그리고, TEM 도파관(waveguide) 내 피시험기기가 위치하는 곳에서 도 8 에 도시된 바와 같이, 셉텀(Septum)과 외부 도체(Outer conductor)간의 거리를 측정하고 그 거리값을 "H"라 한다(704). 이 거리에 따라 cell 내에 형성되는 전자기장의 세기가 달라지므로 출력단 전력을 정규화하는데 이 H 값이 필요하다.

<63> 이후, 피시험기기의 18 방위에 대한 TEM 도파관(waveguide) 출력단 전력($P_1 \sim P_{18}$)을 측정하여 저장한다(706). 여기서, $P_1 \sim P_{18}$ 은 TEM 도파관(waveguide) 내 높이 H인 곳에 피시험기기를 배치하여 얻은 전력이다. 전력 측정 주파수는 이득, 실효복사전력(ERP) 또는 총복사전력(TRP)을 측정하고자 하는 타겟(target) 주파수이어야 하며, 이는 단일 주파수든 혹은 대역폭을 갖든 상관없다.

<64> 이 TEM 도파관(waveguide) 출력단 전력값들은 TEM 도파관(waveguide)에 1.0 [W]가 전송될 때, (수학식 3)과 같이 TEM 도파관(waveguide) 내부에 형성되는 전기장 크기와 관련된 $\left(\frac{1}{2} e_{0y}\right)^2$ 으로 나누어 정규화된 후 재저장된다(707). 이로써 TEM 도파관(waveguide)에서의 측정을 완료한다.

<65>

$$P_n = \frac{P_n}{\left(\frac{1}{2} e_{0y}\right)^2}$$

$$e_{0y} = \frac{1}{H} \sqrt{P_{unit} \cdot Z_0} = \frac{1}{H} \sqrt{50}$$

【수학식 3】

- <66> 여기서, e_{0y} 는 단위 전력(unit power)이 TEM 도파관(waveguide)의 출력단 전력을 인가될 때, 피시험기기가 위치한 지점에서의 기본모드(fundamental mode), 즉 TEM 모드의 전기장 수직성분을 나타낸다.
- <67> 상기 "705"(즉, "706" 및 "707")는 TEM 도파관(waveguide)내 피시험기기의 측정에 의한 복사장 평가가 관련되는 TEM 도파관(waveguide)의 출력단 전력을 측정하는 과정이다.
- <68> 다음의 "708" 과정은 아래의 (수학식 6)을 이용하여 위에서 측정된 전력들($P_1 \sim P_{18}$)로부터 피시험기기의 자유공간에서의 복사전력을 추정 내지 평가하는 과정이다.
- <69> 원역장 복사전력을 평가함에 있어 복사장을 주사(走査, scan)하는데, 대표적인 것으로는 주사영역이 원통형인 원통형 주사(cylinder scan)방식과 주사영역이 구형인 구형 주사(sphere scan)방식이 있으며, 이하에서는 구형 주사(sphere scan) 방식에 대하여 설명하기로 한다.
- <70> TEM 도파관(waveguide)의 출력단 전력들($P_1 \sim P_{18}$)과 아래의 (수학식 6)을 이용하여, 반지름이 $R = r$ 인 특정한 구면 상에서 피시험기기의 자유공간에서의 복사전력밀도(Radiation power density) $P(r, \theta, \phi)$ 를 구하는 과정은 다음과 같다.
- <71> 먼저, 복사전력밀도(Radiation power density)를 구하고자 하는 구면의 반지름을 $R = r$ 로 놓고(709), θ 를 $0[\text{rad}]$ 으로 놓은 후(710), ϕ 를 $0 \sim 2\pi[\text{rad}]$ 까지 변화시켜 가면서 피시험기기의 자유공간에서의 복사전력밀도(Radiation power density) $P(r, \theta, \phi)$ 를 구한다(712 내지 714). 여기서, 복사전력밀도 (Radiation power density) $P(r, \theta, \phi)$ 는 TEM 도파관(waveguide)의 출력단 전력들($P_1 \sim P_{18}$)을 (수학식 6)에 대입한 후 특정한 구좌표값을 대입함으로써 구할 수 있으며, 이렇게 구한 복사전력밀도 $P(r, \theta, \phi)$ 는 그 구좌표에 해당하는 위치에서의 복사전력밀도에 해당하게 된다.

- <72> 즉, 먼저 θ 와 ϕ 를 $0[\text{rad}]$ 으로 설정하여 구좌표($r, 0, 0$)에서의 복사전력밀도를 구한 후, ϕ 를 $\Delta\phi$ 만큼 증가시켜서(714) 구좌표($r, 0, \Delta\phi$)에서의 복사전력밀도를 구한다. 이러한 과정을 $\phi=2\pi[\text{rad}]$ 가 될 때까지 반복한다.
- <73> 다음으로는 θ 를 $\Delta\theta$ 만큼 증가시킨 후(715), ϕ 를 $0 \sim 2\pi[\text{rad}]$ 까지 변화시켜 가면서 복사전력밀도를 구한다(712 내지 714). 이러한 과정을 $\theta=\pi[\text{rad}]$ 가 될 때까지 반복한다(711 내지 716).
- <74> 요컨대, 위와 같은 구형 주사(sphere scan) 과정은, 다음의 (수학식 6)을 이용하여 TEM 도파관(waveguide)의 출력단 전력들($P_1 \sim P_{18}$)로부터 피시험기기에 대한 자유공간에서의 복사 전력밀도(Radiation power density) $P(r, \theta, \phi)$ 를 구하는 과정이다.
- <75> 위와 같은 구형 주사(sphere scan) 과정에서 사용된 (수학식 6)은 다음의 (수학식 4)와 (수학식 5)로부터 얻어진 것이다.
- <76> 기타의 원통형 주사 또는 임의의 다른 영역에 대한 주사 방법은 복사전력밀도를 구하고자 하는 점의 좌표를 구좌표계로 변환하면, (수학식 6)을 바로 적용할 수 있다.

<77>

$$\begin{aligned}
 P(\theta, \phi) &= \frac{1}{2} \operatorname{Re}\{(\mathbf{E} \times \mathbf{H}^*) \cdot \hat{\mathbf{a}}_r\} \\
 &= \frac{1}{2} \operatorname{Re}\{(\mathbf{E}_\theta \hat{\mathbf{a}}_\theta + \mathbf{E}_\phi \hat{\mathbf{a}}_\phi) \times (\mathbf{H}_\theta \hat{\mathbf{a}}_\theta + \mathbf{H}_\phi \hat{\mathbf{a}}_\phi)^* \cdot \hat{\mathbf{a}}_r\} \\
 &= \frac{1}{2} \operatorname{Re}\{H_\phi H_\theta^* \eta_0 + H_\theta H_\phi^* \eta_0\} \hat{\mathbf{a}}_r \cdot \hat{\mathbf{a}}_r \\
 &= \frac{\eta}{2} \operatorname{Re}\left\{ \left[-\frac{jk_0 e^{-jk_0 r}}{4\pi r} \left(N_\theta + \frac{L_\phi}{\eta_0} \right) \right] \left[-\frac{jk_0 e^{-jk_0 r}}{4\pi r} \left(N_\theta + \frac{L_\phi}{\eta_0} \right) \right]^* \right. \\
 &\quad \left. + \left[\frac{jk_0 e^{-jk_0 r}}{4\pi r} \left(N_\phi - \frac{L_\theta}{\eta_0} \right) \right] \left[\frac{jk_0 e^{-jk_0 r}}{4\pi r} \left(N_\phi - \frac{L_\theta}{\eta_0} \right) \right]^* \right\}
 \end{aligned}$$

【수학식 4】

<78>

$$\begin{aligned}
 \text{where } N_\theta &= \iint_s (P'_x \cos \theta \cos \phi + P'_y \cos \theta \sin \phi - P'_z \sin \theta) e^{jk_0 r' \cos \phi} ds' \\
 N_\phi &= \iint_s (-P'_x \sin \phi + P'_y \cos \phi) e^{jk_0 r' \cos \phi} ds' \\
 L_\theta &= \iint_s (M'_x \cos \theta \cos \phi + M'_y \cos \theta \sin \phi - M'_z \sin \theta) e^{jk_0 r' \cos \phi} ds' \\
 L_\phi &= \iint_s (-M'_x \sin \phi + M'_y \cos \phi) e^{jk_0 r' \cos \phi} ds'
 \end{aligned}$$

<79>

$$P(\theta, \phi) = \frac{15\pi}{r^2 \lambda^2} \left[\begin{aligned}
 & [P_x'^2 + k_0^2 M_x'^2] [\cos^2 \theta \cos^2 \phi + \sin^2 \phi] + [P_y'^2 + k_0^2 M_y'^2] [\cos^2 \theta \sin^2 \phi + \cos^2 \phi] \\
 & + [P_z'^2 + k_0^2 M_z'^2] \sin^2 \theta \\
 & - 2[P'_x P'_y \cos(\varphi_{px} - \varphi_{py}) + k_0^2 M'_x M'_y \cos(\varphi_{mx} - \varphi_{my})] \sin^2 \theta \sin \phi \cos \phi \\
 & - 2[P'_y P'_z \cos(\varphi_{py} - \varphi_{pz}) + k_0^2 M'_y M'_z \cos(\varphi_{my} - \varphi_{mz})] \sin \theta \cos \theta \sin \phi \\
 & - 2[P'_x P'_z \cos(\varphi_{px} - \varphi_{pz}) + k_0^2 M'_x M'_z \cos(\varphi_{mx} - \varphi_{mz})] \sin \theta \cos \theta \cos \phi \\
 & + 2k_0 [P'_x M'_y \sin(\varphi_{px} - \varphi_{my}) - P'_y M'_x \sin(\varphi_{py} - \varphi_{mx})] \cos \theta \\
 & + 2k_0 [P'_y M'_z \sin(\varphi_{py} - \varphi_{mz}) - P'_z M'_y \sin(\varphi_{pz} - \varphi_{my})] \sin \theta \cos \phi \\
 & + 2k_0 [P'_z M'_x \sin(\varphi_{pz} - \varphi_{mx}) - P'_x M'_z \sin(\varphi_{px} - \varphi_{mz})] \sin \theta \sin \phi
 \end{aligned} \right]$$

【수학식 5】

<80>

$$P(\theta, \phi) = \frac{15\pi}{r^2 \lambda^2} \left(\begin{aligned} & [A + k_0^2 D] [\cos^2 \theta \cos^2 \phi + \sin^2 \phi] + [B + k_0^2 E] [\cos^2 \theta \sin^2 \phi + \cos^2 \phi] \\ & + [C + k_0^2 F] \sin^2 \theta \\ & - 2[G + k_0^2 J] \sin^2 \theta \sin \phi \cos \phi - 2[H + k_0^2 K] \sin \theta \cos \theta \sin \phi - 2[I + k_0^2 L] \sin \theta \cos \theta \cos \phi \\ & + 2k_0 [M - P] \cos \theta + 2k_0 [N - Q] \sin \theta \cos \phi + 2k_0 [O - R] \sin \theta \sin \phi \end{aligned} \right)$$

where

$$\begin{aligned} A + k_0^2 D &= \frac{1}{4} (P_1 + P_4 + P_{11} + P_{14} - P_3 - P_5 + P_8 + P_{10} + P_{13} + P_{15} - P_6 - P_9) & M &= \frac{P_{15} - P_{13}}{4k_0} \\ B + k_0^2 E &= \frac{1}{4} (P_1 + P_4 + P_6 + P_9 - P_8 - P_{10} + P_3 + P_5 + P_{13} + P_{15} - P_{11} - P_{14}) & P &= \frac{P_4 - P_1}{4k_0} \\ C + k_0^2 F &= \frac{1}{4} (P_6 + P_9 + P_{11} + P_{14} - P_{13} - P_{15} + P_3 + P_5 + P_8 + P_{10} - P_1 - P_4) & N &= \frac{P_5 - P_3}{4k_0} \\ G &= P_{18} - \frac{P_3 + P_5 + P_{11} + P_{14} + \sqrt{2}(P_8 - P_5 + P_{11} - P_{14})}{4} & Q &= \frac{P_9 - P_6}{4k_0} \\ J &= \frac{4P_7 - (P_6 + P_8 + P_9 + P_{10}) + \sqrt{2}(P_9 - P_6 + P_{10} - P_8)}{4k_0^2} & O &= \frac{P_{10} - P_3}{4k_0} \\ H &= P_{16} - \frac{P_1 + P_4 + P_8 + P_{10} + \sqrt{2}(P_1 - P_4 + P_8 - P_{10})}{4} & R &= \frac{P_{14} - P_{11}}{4k_0} \\ K &= \frac{4P_{12} - (P_{11} + P_{13} + P_{14} + P_{15}) + \sqrt{2}(P_{14} - P_{11} + P_{15} - P_{13})}{4k_0^2} \\ I &= P_{17} - \frac{P_6 + P_9 + P_{13} + P_{15} + \sqrt{2}(P_6 - P_9 + P_{13} - P_{15})}{4} \\ L &= \frac{4P_2 - (P_1 + P_3 + P_4 + P_5) + \sqrt{2}(P_4 - P_1 + P_5 - P_3)}{4k_0^2} \end{aligned}$$

【수학식 6】

<81> (수학식 5)는 도 5의 전기 다이폴 모멘트 P와 자기 다이폴 모멘트 M에 대한 구형 좌표 값(r, θ, ϕ)에서의 복사 전력밀도를 나타낸다.

<82> 다이폴 모멘트 P와 M은 (수학식 6)과 같이 TEM 도파관(waveguide) 출력단 전력과 관계되는 수식으로 나타낼 수 있으므로, 앞서 구한 TEM 도파관(waveguide)의 출력단 전력($P_1 \sim P_{18}$)을 (수학식 6)에 대입하여 원하는 주사 영역에서 복사 전력밀도 분포를 얻을 수 있다.

<83> 한편, "708"의 마지막 과정으로, "709" 내지 "716" 에서 구한 복사전력밀도 분포중에서 가장 큰 전력밀도인 $P_{\max}(r, \theta_0, \phi_0)$ 를 구한다(717).

<84> 다음으로, 아래의 (수학식 7) 내지 (수학식 9)을 이용하여 다이폴에 대한 상대 이득 (Relative gain), 총복사전력(TRP), 및 실효복사전력(ERP) 등을 계산할 수 있다(718).

<85>

$$\text{상대이득 } g = \frac{P_{\max}}{P_D}$$

$$\text{상대이득 } G[dBd] = 10 \log\left(\frac{P_{\max}}{P_D}\right)$$

【수학식 7】

<86>

$$\text{총복사전력}(TRP) = \int_0^{360^\circ} \int_0^{180^\circ} P(r, \theta, \phi) r^2 \sin\theta d\theta d\phi$$

【수학식 8】

<87> 여기서, (수학식 8)은 반지름이 r 인 구면상에서의 전력밀도에 대한 면적분을 나타낸다.

<88>

$$\text{실효복사전력}(ERP) = \frac{P_{\max} \cdot 4\pi R^2}{1.64}$$

【수학식 9】

- <89> (수학식 9)에서 반파장 다이폴 안테나의 절대 이득 "1.64" 대신에, TEM 도파관 (waveguide) 내에서 실측정된 반파장 다이폴 안테나의 이득값을 사용하면, 더욱 바람직하다.
- <90> 도 8 은 TEM 도파관에서의 셀 높이(H)에 대한 설명도이다.
- <91> TEM 도파관(waveguide) 내 피시험기기(EUT)가 위치하는 곳에서 도면에 도시된 바와 같이, 셉텀(Septum)(81)과 외부 도체(Outer conductor)(81)간의 거리를 측정할 때, 그 측정 거리값을 셀 높이(Cell height)(H)라 하며, 이 셀 높이(H)에 따라 cell 내에 형성되는 전자기장의 세기가 달라진다.
- <92> 보다 정확한 TEM 도파관(waveguide)의 출력단 전력 측정 결과를 얻기 위해서는 어떠한 피시험기기이든 한 번 최대 길이가 TEM 도파관(waveguide)의 $H/3$ 이하인 기기이어야 한다.
- <93> 도 9 는 본 발명에 따른 피시험기기의 18가지 방위에 대한 TEM 도파관(waveguide)의 출력단 전력($P_1 \sim P_{18}$) 측정 방법에 대한 일실시에 흐름도이다.
- <94> 피시험기기의 18가지 방위에 대한 TEM 도파관(waveguide)의 출력단 전력($P_1 \sim P_{18}$) 측정에 대한 전반적인 과정은 도 9 에서 간단히 설명하고, 보다 상세한 설명은 도 10 에서 하기로 한다.
- <95> 피시험기기를 TEM 도파관 내부에 배치한 후(900), TEM 도파관(waveguide)의 기준 좌표계(X, Y, Z)과 피시험기기의 기준 좌표계(X', Y', Z')를 일치시킨 다음, 피시험기기를 X축 또는 Y축을 회전축으로 하여 회전시켜가면서 총 18가지의 방위에 대하여 TEM 도파관의 출력단 전력들($P_1 \sim P_{18}$)을 측정하는데(901 내지 912), 상세한 설명은 다음과 같다.

- <96> 먼저, 좌표계를 (XX' , YY' , ZZ')로 일치시킨 후(901), 피시험기기를 Y축을 회전축으로 반시계방향으로 0° , 45° , 90° , 180° , 270° 씩 회전시켜 가면서 피시험기기의 각 회전각도에 대한 TEM 도파관의 출력단 전력 P_1 , P_2 , P_3 , P_4 , P_5 를 측정한다(902).
- <97> 다음으로, 좌표계를 (XY' , YZ' , ZX')로 일치시킨 후(903), 피시험기기를 Y축을 회전축으로 반시계방향으로 0° , 45° , 90° , 180° , 270° 씩 회전시켜 가면서 피시험기기의 각 회전각도에 대한 TEM 도파관의 출력단 전력 P_6 , P_7 , P_8 , P_9 , P_{10} 을 측정한다(904).
- <98> 다음으로, 좌표계를 (XZ' , YX' , ZY')로 일치시킨 후(905), 피시험기기를 Y축을 회전축으로 반시계방향으로 0° , 45° , 90° , 180° , 270° 씩 회전시켜 가면서 피시험기기의 각 회전각도에 대한 TEM 도파관의 출력단 전력 P_{11} , P_{12} , P_{13} , P_{14} , P_{15} 를 측정한다(906).
- <99> 다음으로, 좌표계를 (XX' , YY' , ZZ')로 일치시킨 후(907), 피시험기기를 X축을 회전축으로 반시계방향으로 45° 회전시키고 TEM 도파관의 출력단 전력 P_{16} 을 측정한다(908).
- <100> 다음으로, 좌표계를 (XY' , YZ' , ZX')로 일치시킨 후(909), 피시험기기를 X축을 회전축으로 반시계방향으로 45° 회전시키고 TEM 도파관의 출력단 전력 P_{17} 을 측정한다(910).
- <101> 마지막으로, 좌표계를 (XZ' , YX' , ZY')로 일치시킨 후(911), 피시험기기를 X축을 회전축으로 반시계방향으로 45° 회전시키고 TEM 도파관의 출력단 전력 P_{18} 을 측정한다(912).
- <102> 도 10a 내지 도 10f 는 본 발명에 따른 피시험기기의 18방위에 대한 TEM 도파관의 출력단 전력($P_1 \sim P_{18}$) 측정 방법에 대한 일실시에 설명도이다.
- <103> 일반적으로는 피시험기기의 기준 좌표를 TEM 도파관(waveguide)의 기준 좌표와 일치하도록 두고두고 시작하나, 18 방위에 대한 전력 측정의 순서는 어떻게 정하든 상관없다.

- <104> 먼저, TEM 도파관(waveguide)의 좌표계 (X, Y, Z) 와 피시험기기의 좌표계 (X', Y', Z') 를 일치시킨 후, 피시험기기를 Y축을 회전축으로 반시계방향으로 회전시켜 가면서 제 1 방위부터 제 5 방위까지에서의 TEM 도파관의 출력단 전력을 측정한다(도 10a).
- <105> 제 1 방위(Arrangement 1): 좌표계 (X, Y, Z) 와 (X', Y', Z') 를 일치시킨 (XX', YY', ZZ') 의 경우, 피시험기기를 TEM 도파관(waveguide)의 기준 좌표계 Y축에 대해 반시계방향으로 0° 회전(즉, 회전 없음)시킨 후 TEM 도파관(waveguide) 출력단 전력 P_1 을 측정한다.
- <106> 제 2 방위(Arrangement 2): 좌표계 (X, Y, Z) 와 (X', Y', Z') 를 일치시킨 (XX', YY', ZZ') 의 경우, 피시험기기를 Y축에 대해 반시계방향으로 45° 회전시킨 후 TEM 도파관(waveguide) 출력단 전력 P_2 를 측정한다.
- <107> 제 3 방위(Arrangement 3): 좌표계 (X, Y, Z) 와 (X', Y', Z') 를 일치시킨 (XX', YY', ZZ') 의 경우, 피시험기기를 Y축에 대해 반시계방향으로 90° 회전시킨 후 TEM 도파관(waveguide) 출력단 전력 P_3 를 측정한다.
- <108> 제 4 방위(Arrangement 4): 좌표계 (X, Y, Z) 와 (X', Y', Z') 를 일치시킨 (XX', YY', ZZ') 의 경우, 피시험기기를 Y축에 대해 반시계방향으로 180° 회전시킨 후 TEM 도파관(waveguide) 출력단 전력 P_4 를 측정한다.
- <109> 제 5 방위(Arrangement 5): 좌표계 (X, Y, Z) 와 (X', Y', Z') 를 일치시킨 (XX', YY', ZZ') 의 경우, 피시험기기를 Y축에 대해 반시계방향으로 270° 회전시킨 후 TEM 도파관(waveguide) 출력단 전력 P_5 를 측정한다.
- <110> 상기 5 방위에 대한 측정이 완료되면, 그 다음 좌표계 (X, Y, Z) 과 (Z', X', Y') 를 일치시키고 제 11 방위 (Arrangement 11) 측정을 시작한다.

- <111> 다음은, 좌표계 (X, Y, Z) 와 (Y', Z', X') 를 일치시킨 후, 피시험기기를 Y축을 회전축으로 반시계방향으로 회전시켜가면서 제 6 방위부터 제 10 방위까지에서의 TEM 도파관의 출력단 전력을 측정한다(도 10b).
- <112> 제 6 방위(Arrangement 6): 좌표계 (X, Y, Z) 과 (Y', Z', X') 를 일치시킨 (XY', YZ', ZX') 의 경우, 피시험기기를 Y축에 대해 반시계방향으로 0° 회전(즉, 회전 없음)시킨 후 TEM 도파관(waveguide) 출력단 전력 P_6 을 측정한다.
- <113> 제 7 방위(Arrangement 7): 좌표계 (X, Y, Z) 과 (Y', Z', X') 를 일치시킨 (XY', YZ', ZX') 의 경우, 피시험기기를 Y축에 대해 반시계방향으로 45° 회전시킨 후 TEM 도파관(waveguide) 출력단 전력 P_7 을 측정한다.
- <114> 제 8 방위(Arrangement 8): 좌표계 (X, Y, Z) 과 (Y', Z', X') 를 일치시킨 (XY', YZ', ZX') 의 경우, 피시험기기를 Y축에 대해 반시계방향으로 90° 회전시킨 후 TEM 도파관(waveguide) 출력단 전력 P_8 을 측정한다.
- <115> 제 9 방위(Arrangement 9): 좌표계 (X, Y, Z) 과 (Y', Z', X') 를 일치시킨 (XY', YZ', ZX') 의 경우, 피시험기기를 Y축에 대해 반시계방향으로 180° 회전시킨 후 TEM 도파관(waveguide) 출력단 전력 P_9 를 측정한다.
- <116> 제 10 방위(Arrangement 10): 좌표계 (X, Y, Z) 과 (Y', Z', X') 를 일치시킨 (XY', YZ', ZX') 의 경우, 피시험기기를 Y축에 대해 반시계방향으로 270° 회전시킨 후 TEM 도파관(waveguide) 출력단 전력 P_{10} 을 측정한다.

- <117> 다음은, 좌표계 (X, Y, Z) 와 (Z', X', Y') 를 일치시킨 후, 피시험기기를 Y축을 회전축으로 반시계방향으로 회전시켜가면서 제 11 방위부터 제 15 방위까지에서의 TEM 도파관의 출력단 전력을 측정한다(도 10 c).
- <118> 제 11 방위(Arrangement 11): 좌표계 (X, Y, Z) 와 (Z', X', Y') 를 일치시킨 (XZ', YX', ZY') 의 경우, 피시험기기를 Y축에 대해 반시계방향으로 0° 회전(즉, 회전 없음)시킨 후 TEM 도파관(waveguide) 출력단 전력 P_{11} 을 측정한다.
- <119> 제 12 방위(Arrangement 12): 좌표계 (X, Y, Z) 와 (Z', X', Y') 를 일치시킨 (XZ', YX', ZY') 의 경우, 피시험기기를 Y축에 대해 반시계방향으로 45° 회전시킨 후 TEM 도파관(waveguide) 출력단 전력 P_{12} 를 측정한다.
- <120> 제 13 방위(Arrangement 13): 좌표계 (X, Y, Z) 와 (Z', X', Y') 를 일치시킨 (XZ', YX', ZY') 의 경우, 피시험기기를 Y축에 대해 반시계방향으로 90° 회전시킨 후 TEM 도파관(waveguide) 출력단 전력 P_{13} 을 측정한다.
- <121> 제 14 방위(Arrangement 14): 좌표계 (X, Y, Z) 와 (Z', X', Y') 를 일치시킨 (XZ', YX', ZY') 의 경우, 피시험기기를 Y축에 대해 반시계방향으로 180° 회전시킨 후 TEM 도파관(waveguide) 출력단 전력 P_{14} 를 측정한다.
- <122> 제 15 방위(Arrangement 15): 좌표계 (X, Y, Z) 와 (Z', X', Y') 를 일치시킨 (XZ', YX', ZY') 의 경우, 피시험기기를 Y축에 대해 반시계방향으로 270° 회전시킨 후 TEM 도파관(waveguide) 출력단 전력 P_{15} 를 측정한다.
- <123> 한편, 제 16 방위(Arrangement 16)에서 제 18 방위(Arrangement 18)까지는 피시험기기의 X 축 회전에 의해 구현되며, 다음과 같이 나타낼 수 있다.

- <124> 제 16 방위(Arrangement 16): 좌표계 (X, Y, Z) 와 (X', Y', Z') 를 (XX', YY', ZZ') 으로 일치시킨 후, 피시험기기를 X축을 회전축으로 반시계방향으로 45° 회전시켜서 TEM 도파관(waveguide) 출력단 전력 P_{16} 을 측정한다(도 10d).
- <125> 제 17 방위(Arrangement 17): 좌표계 (X, Y, Z) 와 (Y', Z', X') 를 (XY', YZ', ZX') 으로 일치시킨 후, 피시험기기를 X축을 회전축으로 반시계방향으로 45° 회전시켜서 TEM 도파관(waveguide) 출력단 전력 P_{17} 을 측정한다(도 10e).
- <126> 제 18 방위(Arrangement 18): 좌표계 (X, Y, Z) 와 (Z', X', Y') 를 (XZ', YX', ZY') 으로 일치시킨 후, 피시험기기를 X축을 회전축으로 반시계방향으로 45° 회전시켜서 TEM 도파관(waveguide) 출력단 전력 P_{18} 을 측정한다(도 10f).
- <127> 위와 같은 과정을 통하여 측정한 P_1 부터 P_{18} 까지의 TEM 도파관(waveguide) 출력단 전력들은 자유공간의 복사전력을 평가하는데 이용된다(도 7 참조).
- <128> 이상에서 설명한 본 발명은, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에 있어 본 발명의 기술적 사상을 벗어나지 않는 범위내에서 여러 가지 치환, 변형 및 변경이 가능하므로 전술한 실시예 및 첨부된 도면에 의해 한정되는 것이 아니다.

【발명의 효과】

- <129> 상기와 같은 본 발명은, 송신기의 복사 성능을 평가하고자 할 때 야외시험장(OATS) 또는 무반사실(anechoic chamber)과 같은 시험장, 수신기, 수신 안테나, 안테나 마스터, 안테나의 기계적 이동을 위한 컨트롤러 등과 같은 고가의 측정 시설을 요구하는 종래의 방법과 달리, 상

대적으로 적은 장비를 사용하기 때문에 측정 오차를 가져올 수 있는 요인이 축소될 뿐 아니라 측정 시간 단축, 소요 경비 절감을 가져오는 효과가 있다.

<130> 또한, 본 발명은, TEM 도파관 내에서 피시험기기를 18가지 방위로 배치를 변화시키면서 TEM 도파관의 출력단 전력을 측정함으로써, 피시험기기에 대한 복사 패턴을 최소의 방위로 신속/정확하게 구할 수 있게 하는 효과가 있다.

【특허청구범위】

【청구항 1】

복사체의 전자파 복사 패턴 및 이득 측정 방법에 있어서,

티이엠 도파관(TEM waveguide) 내에 위치한 피시험기기인 복사체를 서로 다른 18가지 방위(Arrangements)로 배치하면서 상기 복사체의 전자파 복사에 의한 상기 TEM 도파관의 출력단 전력을 측정하는 제 1 단계; 및

상기 제 1 단계에서 측정된 TEM 도파관의 출력단 전력들을 이용하여 다이폴모멘트로 모델링된 상기 복사체의 자유공간에서의 복사전력밀도를 추정하는 제 2 단계

를 포함하는 TEM 도파관을 이용한 복사체의 전자파 복사 패턴 및 이득 측정 방법.

【청구항 2】

제 1 항에 있어서,

상기 복사체에 입력되는 전도 전력(conducted power)과 상기 복사체의 안테나의 반사계수를 이용하여 복사체의 안테나로 전달된 순전력(P_0)을 측정한 후, 아래의 (수학식 1)을 이용하여 상기 복사체로부터 소정의 거리가 떨어진 점에서의 상기 측정된 순전력에 의한 반파장 다이폴 안테나의 최대 복사전력밀도(P_D)를 구하는 제 3 단계;

상기 제 2 단계에서 추정된 복사전력밀도 중에서 최대 복사전력밀도(P_{max})를 구하는 제 4 단계;

상기 제 4 단계에서 구한 최대 복사전력밀도(P_{max})와 상기 제 3 단계에서 구한 최대 복사전력밀도(P_D)를 이용하여 상기 복사체의 복사이득을 구하는 제 5 단계; 및

상기 제 4 단계에서 구한 최대 복사전력밀도(P_{\max})를 이용하여 실효복사전력 (ERP)을 구하는 제 6 단계

를 더 포함하는 TEM 도파관을 이용한 복사체의 전자파 복사 패턴 및 이득 측정 방법.

(수학식 1)

$$P_D = \frac{P_O \cdot (TEM \text{ 도파관 내에서 실측정된 반파장 다이폴 안테나의 이득})}{4\pi R^2}$$

【청구항 3】

제 2 항에 있어서,

상기 제 2 단계에서 추정된 복사전력밀도를 이용하여 상기 복사체의 총복사전력(TRP)을 구하는 제 7 단계

를 더 포함하는 TEM 도파관을 이용한 복사체의 전자파 복사 패턴 및 이득 측정 방법.

【청구항 4】

제 1 항 내지 제 3 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 제 1 단계는,

상기 TEM 도파관의 기준좌표계(X, Y, Z)와 피시험기기인 상기 복사체의 기준좌표계(X', Y', Z')를 (XX', YY', ZZ')로 일치시킨 후, 피시험기기를 Y축을 회전축으로 반시계방향으로 0

0° , 45° , 90° , 180° , 270° 씩 회전시켜 가면서 상기 피시험기기의 각 회전각도에 대한 TEM 도파관의 출력단 전력 P_1 , P_2 , P_3 , P_4 , P_5 를 측정하는 제 8 단계;

상기 TEM 도파관의 기준좌표계(X, Y, Z)와 상기 복사체의 기준좌표계 (X' , Y' , Z')를 (XY' , YZ' , ZX')로 일치시킨 후, 피시험기기를 Y축을 회전축으로 반시계방향으로 0° , 45° , 90° , 180° , 270° 씩 회전시켜 가면서 상기 피시험기기의 각 회전각도에 대한 TEM 도파관의 출력단 전력 P_6 , P_7 , P_8 , P_9 , P_{10} 을 측정하는 제 9 단계;

상기 TEM 도파관의 기준좌표계(X, Y, Z)와 상기 복사체의 기준좌표계 (X' , Y' , Z')를 (XZ' , YX' , ZY')로 일치시킨 후, 피시험기기를 Y축을 회전축으로 반시계방향으로 0° , 45° , 90° , 180° , 270° 씩 회전시켜 가면서 상기 피시험기기의 각 회전각도에 대한 TEM 도파관의 출력단 전력 P_{11} , P_{12} , P_{13} , P_{14} , P_{15} 를 측정하는 제 10 단계;

상기 TEM 도파관의 기준좌표계(X, Y, Z)와 상기 복사체의 기준좌표계(X' , Y' , Z')를 (XX' , YY' , ZZ')로 일치시킨 후, 피시험기기를 X축을 회전축으로 반시계방향으로 45° 회전시키고 TEM 도파관의 출력단 전력 P_{16} 를 측정하는 제 11 단계;

상기 TEM 도파관의 기준좌표계(X, Y, Z)와 상기 복사체의 기준좌표계(X' , Y' , Z')를 (XY' , YZ' , ZX')로 일치시킨 후, 피시험기기를 X축을 회전축으로 반시계방향으로 45° 회전시키고 TEM 도파관의 출력단 전력 P_{17} 을 측정하는 제 12 단계; 및

상기 TEM 도파관의 기준좌표계(X, Y, Z)와 상기 복사체의 기준좌표계(X' , Y' , Z')를 (XZ' , YX' , ZY')로 일치시킨 후, 피시험기기를 X축을 회전축으로 반시계방향으로 45° 회전시키고 TEM 도파관의 출력단 전력 P_{18} 을 측정하는 제 13 단계

를 포함하는 TEM 도파관을 이용한 복사체의 전자파 복사 패턴 및 이득 측정 방법.

【청구항 5】

제 4 항에 있어서,

상기 제 2 단계의 자유공간에서의 복사전력밀도의 추정은,

아래의 (수학식 2)를 이용하여 상기 제 1 단계에서 측정된 TEM 도파관의 출력단 전력들로부터 상기 복사체의 자유공간에서의 복사전력밀도를 추정하는 것을 특징으로 하는 TEM 도파관을 이용한 복사체의 전자파 복사 패턴 및 이득 측정 방법.

(수학식 2)

$$P(\theta, \phi) = \frac{15\pi}{r^2 \lambda^2} \left(\begin{aligned} & [A + k_0^2 D][\cos^2 \theta \cos^2 \phi + \sin^2 \phi] + [B + k_0^2 E][\cos^2 \theta \sin^2 \phi + \cos^2 \phi] \\ & + [C + k_0^2 F] \sin^2 \theta \\ & - 2[G + k_0^2 J] \sin^2 \theta \sin \phi \cos \phi - 2[H + k_0^2 K] \sin \theta \cos \theta \sin \phi - 2[I + k_0^2 L] \sin \theta \cos \theta \cos \phi \\ & + 2k_0[M - P] \cos \theta + 2k_0[N - Q] \sin \theta \cos \phi + 2k_0[O - R] \sin \theta \sin \phi \end{aligned} \right)$$

where

$$\begin{aligned} A + k_0^2 D &= \frac{1}{4}(P_1 + P_4 + P_{11} + P_{14} - P_3 - P_5 + P_8 + P_{10} + P_{13} + P_{15} - P_6 - P_9) & M &= \frac{P_{15} - P_{13}}{4k_0} \\ B + k_0^2 E &= \frac{1}{4}(P_1 + P_4 + P_8 + P_9 - P_3 - P_{10} + P_5 + P_{13} + P_{15} - P_{11} - P_{14}) & P &= \frac{P_4 - P_1}{4k_0} \\ C + k_0^2 F &= \frac{1}{4}(P_8 + P_9 + P_{11} + P_{14} - P_{13} - P_{15} + P_3 + P_5 + P_8 + P_{10} - P_1 - P_4) & N &= \frac{P_5 - P_3}{4k_0} \\ G &= P_{18} - \frac{P_3 + P_5 + P_{11} + P_{14} + \sqrt{2}(P_3 - P_5 + P_{11} - P_{14})}{4} & Q &= \frac{P_9 - P_6}{4k_0} \\ J &= \frac{4P_7 - (P_6 + P_8 + P_9 + P_{10}) + \sqrt{2}(P_9 - P_6 + P_{10} - P_8)}{4k_0^2} & O &= \frac{P_{10} - P_8}{4k_0} \\ H &= P_{16} - \frac{P_1 + P_4 + P_8 + P_{10} + \sqrt{2}(P_1 - P_4 + P_8 - P_{10})}{4} & R &= \frac{P_{14} - P_{11}}{4k_0} \\ K &= \frac{4P_{12} - (P_{11} + P_{13} + P_{14} + P_{15}) + \sqrt{2}(P_{14} - P_{11} + P_{15} - P_{13})}{4k_0^2} \\ I &= P_{17} - \frac{P_6 + P_9 + P_{13} + P_{15} + \sqrt{2}(P_6 - P_9 + P_{13} - P_{15})}{4} \\ L &= \frac{4P_2 - (P_1 + P_3 + P_4 + P_5) + \sqrt{2}(P_4 - P_1 + P_5 - P_3)}{4k_0^2} \end{aligned}$$

【청구항 6】

제 5 항에 있어서,

상기 제 5 단계의 복사이득은,

상기 제 4 단계에서 구한 최대 복사전력밀도(P_{\max})를 상기 제 3 단계에서 구한 최대 복사 전력밀도(P_D)로 나누어서 상대적인 복사이득을 구하는 것을 특징으로 하는 TEM 도파관을 이용

한 복사체의 전자파 복사 패턴 및 이득 측정 방법.

【청구항 7】

제 6 항에 있어서,

상기 제 6 단계의 실효복사전력(ERP)은,

아래의 (수학식 3)과 같이, 상기 제 4 단계에서 구한 최대 복사전력밀도 (P_{\max})와 소정의 반지름을 갖는 구면의 표면적을 곱한 후, 상기 곱셈 결과를 'TEM 도파관 내에서 실측정된 반파장 다이폴 안테나의 이득'으로 나누어서 구하는 것을 특징으로 하는 TEM 도파관을 이용한 복사체의 전자파 복사 패턴 및 이득 측정 방법.

(수학식 3)

$$\text{유효복사전력(ERP)} = \frac{P_{\max} \cdot 4\pi R^2}{\text{TEM도파관 내에서 실측정된 반파장 다이폴 안테나의 이득}}$$

【청구항 8】

제 7 항에 있어서,

상기 (수학식 1)과 (수학식 3)은,

상기 'TEM 도파관 내에서 실측정된 반파장 다이폴 안테나의 이득'을 대략 (approximately) 1.64로 하는 것을 특징으로 TEM 도파관을 이용한 복사체의 전자파 복사 패턴

및 이득 측정 방법.

【청구항 9】

제 8 항에 있어서,

상기 제 7 단계의 총복사전력(TRP)은,

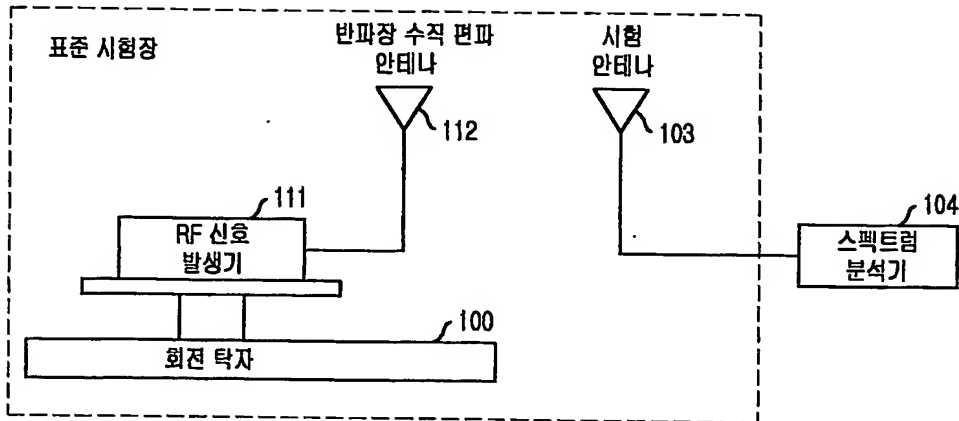
아래의 (수학식 4)와 같이, 상기 제 2 단계에서 추정한 복사전력밀도에 대하여 소정의 반지름을 갖는 구면 상에서 표면적분을 하여 구하는 것을 특징으로 하는 TEM 도파관을 이용한 복사체의 전자파 복사 패턴 및 이득 측정 방법.

(수학식 4)

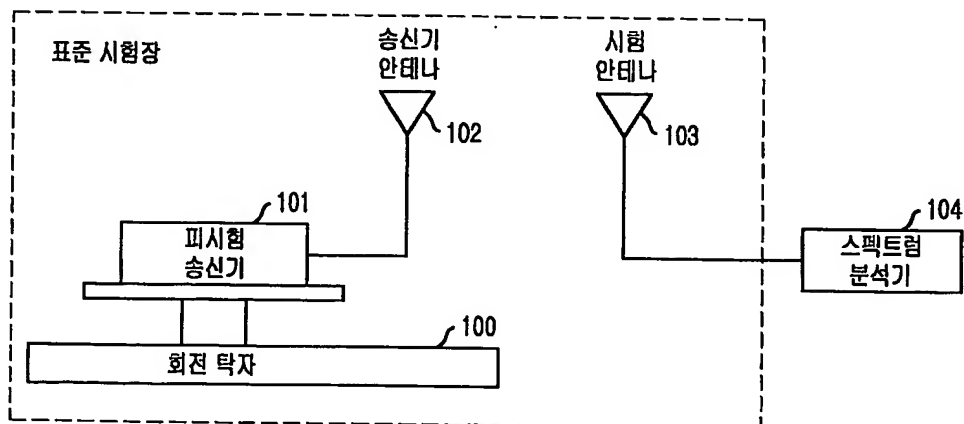
$$\text{총복사전력}(TRP) = \int_0^{360^\circ} \int_0^{180^\circ} P(r, \theta, \phi) r^2 \sin \theta d\theta d\phi$$

【도면】

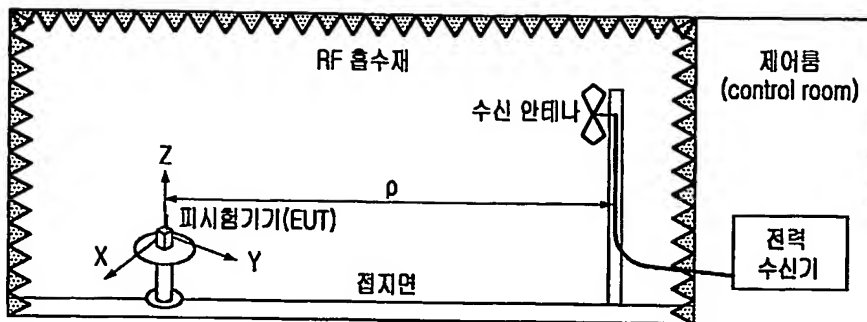
【도 1a】



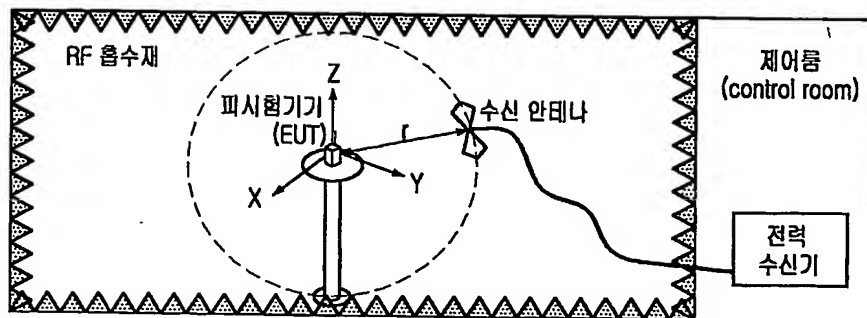
【도 1b】



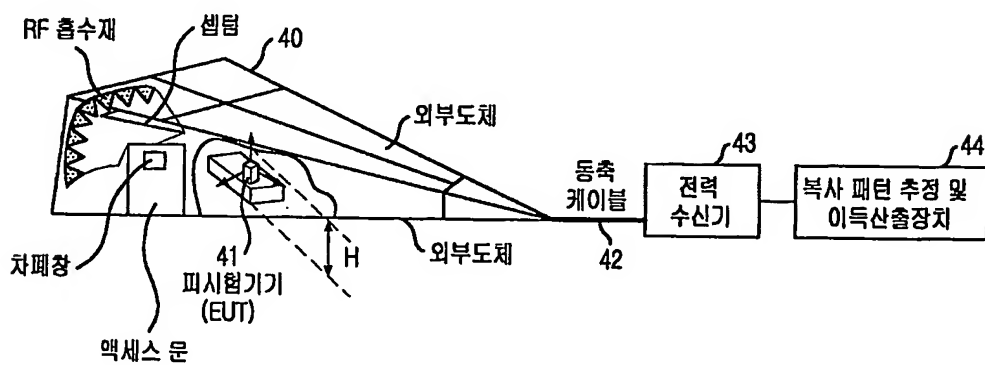
【도 2】



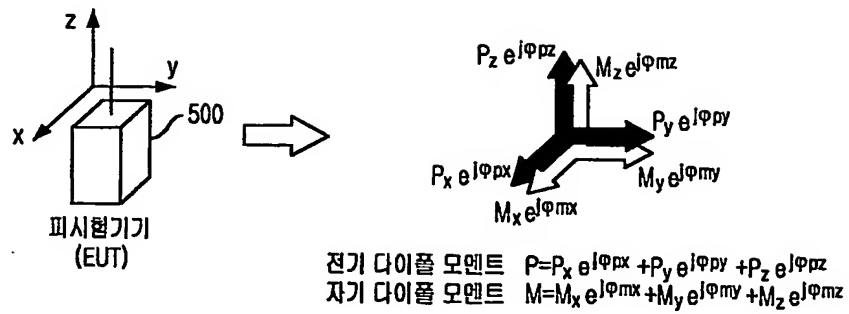
【도 3】



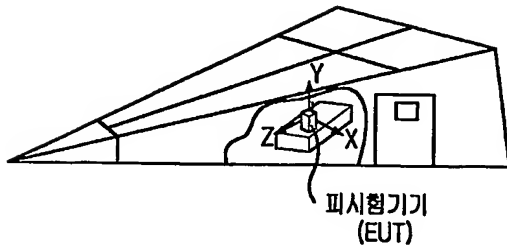
【도 4】



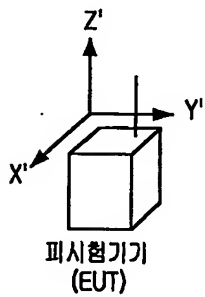
【도 5】



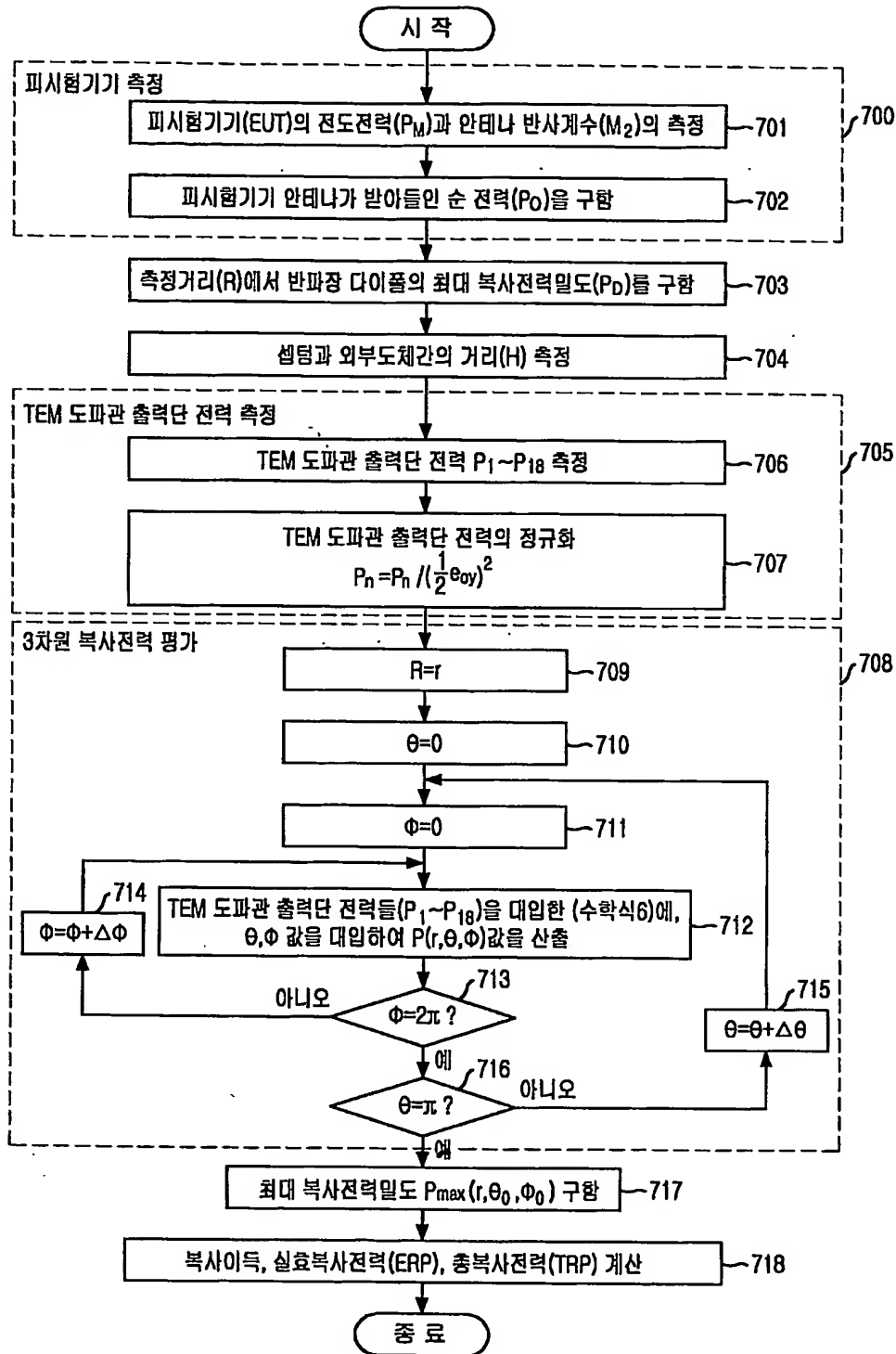
【도 6a】



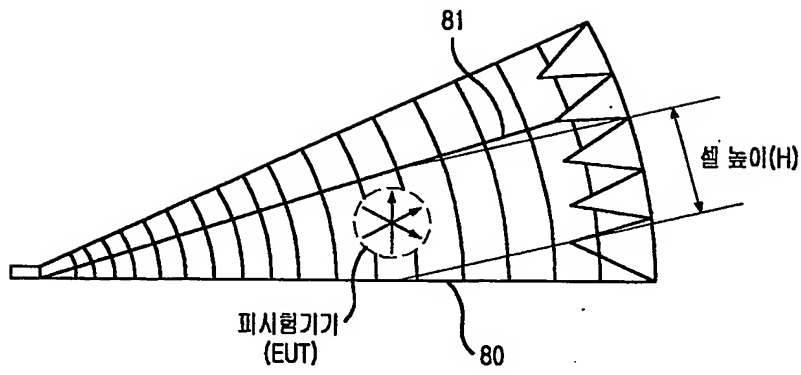
【도 6b】



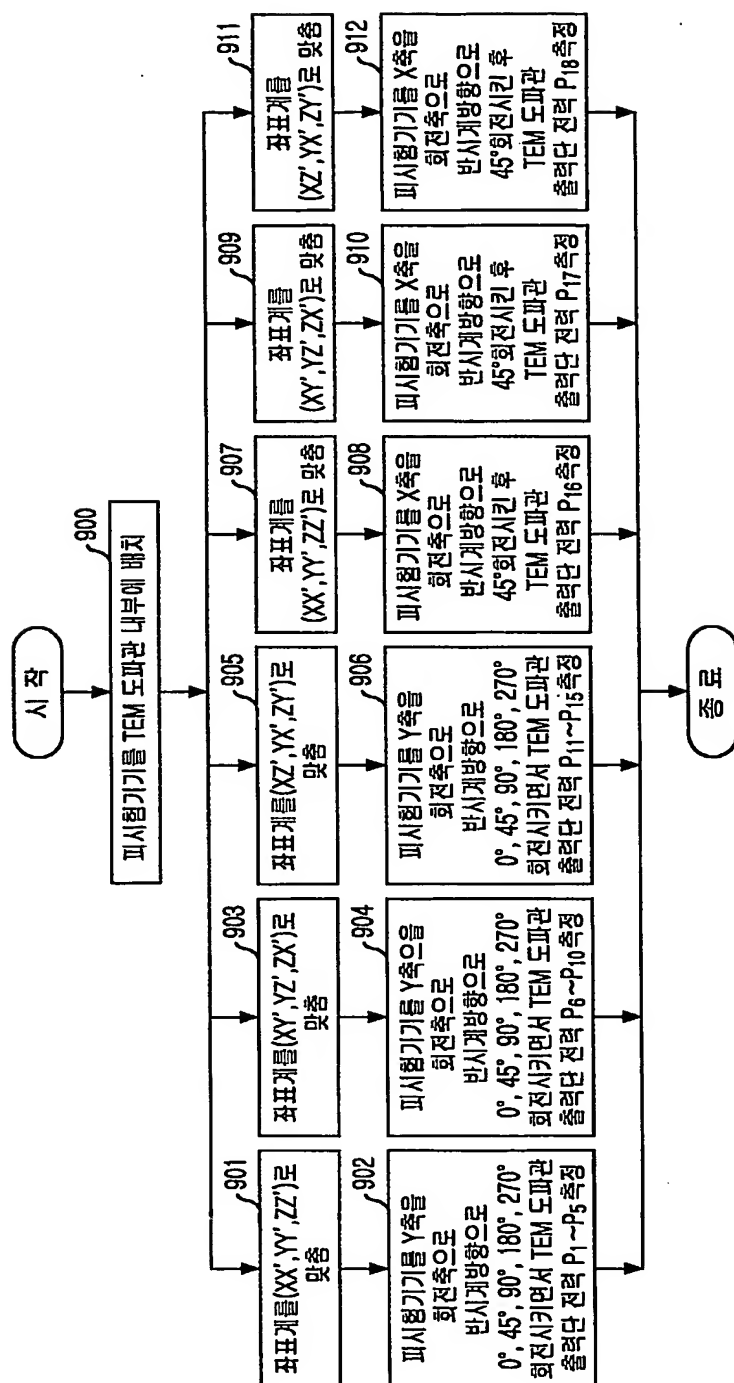
【도 7】



【도 8】



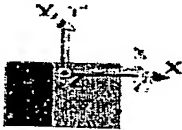
【도 9】



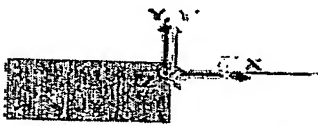
【도 10a】



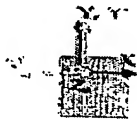
제1 방위(반시계방향으로 0° 회전)



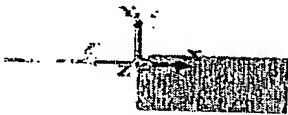
제2 방위(반시계방향으로 45° 회전)



제3 방위(반시계방향으로 90° 회전)



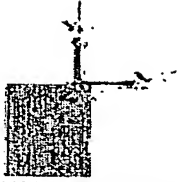
제4 방위(반시계방향으로 180° 회전)



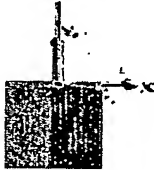
제5 방위(반시계방향으로 270° 회전)

(XX',YY',ZZ'), Y축 회전

【도 10b】



제6 방위(반시계방향으로 0° 회전)



제7 방위(반시계방향으로 45° 회전)



제8 방위(반시계방향으로 90° 회전)



제9 방위(반시계방향으로 180° 회전)

제10 방위(반시계방향으로 270° 회전)
(XY',YZ',ZX), Y축 회전

【도 10c】



제11 방위(반시계방향으로 0° 회전)



제12 방위(반시계방향으로 45° 회전)



제13 방위(반시계방향으로 90° 회전)



제14 방위(반시계방향으로 180° 회전)



제15 방위(반시계방향으로 270° 회전)

(XZ', YX', ZY'), Y축 회전

【도 10d】



제16 방위(반시계방향으로 45° 회전)

(XX', YY', ZZ'), X축 회전

【도 10e】



제17 방위(반시계방향으로 45° 회전)

(XY',YZ',ZX'), X축 회전

【도 10f】



제18 방위(반시계방향으로 45° 회전)

(XZ',YX',ZY'), X축 회전

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record.**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☒ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☒ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☒ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER: _____**

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.